

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 9.6.2003

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

Nokia Corporation  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

20021232

Tekemispäivä  
Filing date

24.06.2002

Kansainvälinen luokka  
International class

H05K

Keksinnön nimitys  
Title of invention

**"Menetelmä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi ja elektroniikkayksikkö"**

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kalle  
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

## **Menetelmä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi ja elektroniikkayksikkö**

### **Ala**

Keksinnön kohteena on menetelmä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi sekä radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö.

### **Tausta**

Nykyaikaisessa radiotekniikassa eri elektroniikkayksiköiden ja komponenttien valmistus on pyritty mahdollisimman pitkälle automatisoimaan. Tällä pyritään kustannussäästöihin, mutta toisaalta myös varmistamaan tasalaatuiset ominaisuudet valmistetuissa laitteissa. Koneellisessa valmistuksessa tasalaatuisuutta voidaan edesauttaa ihmisen tekemien työvaiheiden vähentyessä tai jäädessä kokonaan pois. Tällöin voidaan vähentää ihmisen toiminnasta aiheutuvia laatuvariaatioita, joita esiintyy esimerkiksi juotoksen yhteydessä.

Radiotekniikassa käytettävät tehot aiheuttavat tyypillisesti laitteiden ja komponenttien kuumentumista. Tämän vuoksi käytettäviä komponentteja, etenkin suuritehoisia komponentteja on pystyttävä jäähdyttämään tehokkaasti. Tämä voidaan järjestää esimerkiksi kytkemällä komponentti kiinni elektroniikkayksikön mekaniikkaosaan, jonka kautta jäähdyttäminen sitten tapahtuu. Komponentin sähköiset liitosvälineet on kuitenkin kiinnitettävä piirilevyssä oleviin sähköisiin liitosvälineisiin.

Tunnetussa tekniikassa elektroniikkakomponentti asetetaan piirilevyn päälle niin, että sen kiinnityslaippa (flange) asettuu piirilevyssä olevaan aukkoon. Tällöin elektroniikkakomponentti saadaan kiinnitettyä mekaniikkaosaan ja sähköiset liitosvälineet voidaan liittää juottamalla piirilevyn pinnassa oleviin sähköisiin liitosvälineisiin, jolloin suurtaajuinen teho kulkee juotosten kautta.

Ratkaisun eräänä epäkohtana on kuitenkin se, että se sisältää monia käsityövaiheita. Komponenttien juotokset piirilevyyn tehdään käsin eikä kalustettua piirilevyä voida kiinnittää mekaniikkaan koneellisesti, esimerkiksi robotilla käyttäen. Käsin tehtävät työvaiheet lisäävät tuotantokustannuksia ja muodostavat merkittävän kustannuserän etenkin suurissa sarjoissa valmistettaessa.

Ongelmana on myös se, että käsityövaiheiden takia valmistettujen elektroniikkayksikköjen ominaisuudet, muun muassa suurtaajuusominaisuudet

vaihtelevat. Esimerkiksi juotoksen tapahtuessa käsin juotteen määrä vaihtelee, mikä vaikuttaa suurtaajuusominaisuuksiin.

Tunnetun tekniikan mukaisten toteutusten eräänä haittapuolena on myös se, että piirilevyn jonkin osan vikaantuessa koko piirilevy joudutaan yleensä romuttamaan, koska käyttökelpoisia osia ei yleensä käytettyjen kiinnitysten vuoksi pystytä irrottamaan ehjinä. Lisäongelmana on tällöin myös se, että ongelmajätteiden, esimerkiksi myrkyllistä berylliumoksidia sisältävien komponenttien erittely ja ottaminen erilleen muusta jätteestä on vaikeaa.

### Lyhyt selostus

10 Keksinnön tavoitteena on toteuttaa parannettu menetelmä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi, radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö sekä parannetulla menetelmällä koneellisesti valmistettu radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö.

Keksinnön eräänä kohteena esitetään menetelmä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi, joka elektroniikkayksikkö käsittää mekaniikkaosan, mekaniikkaosaan kiinnitetyn piirilevyn ja piirilevyyn kytketyn elektroniikkakomponentin, ja jossa menetelmässä asetetaan elektroniikkakomponentti mekaniikkaosassa olevaan, elektroniikkakomponenttia varten muodostettuun syvennykseen; asetetaan piirilevy elektroniikkakomponentin ja mekaniikkaosan päälle; kytketään elektroniikkakomponentti ja piirilevy yhteen käyttäen niiden kohdistamiseen toistensa suhteen sähkökytkentäelimiä, joita käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden välille; kiinnitetään elektroniikkakomponentti ja piirilevy toisiinsa sekä mekaniikkaosaan koneellisesti siten että elektroniikkakomponentti tulee mekaniikkaosan yhteyteen.

Keksinnön eräänä kohteena esitetään radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö, joka käsittää mekaniikkaosan, mekaniikkaosaan kiinnitetyn piirilevyn ja piirilevyyn kytketyn elektroniikkakomponentin, ja mekaniikkaosa käsittää syvennyksen, johon elektroniikkakomponentti on asetettu; elektroniikkakomponentin ja mekaniikkaosan päälle on asetettu piirilevy; elektroniikkayksikkö käsittää sähkökytkentäelimet, joita käyttäen elektroniikkakomponentti ja piirilevy on kohdistettu toistensa suhteen, elektroniikkakomponentti käsittää sähköiset liitosvälineet, jotka on kytketty elektroniikkayksikön käsittämiä sähkökytkentäelimiä käyttäen sähköiseen yhteyteen piirilevyn käsittämien sähköisten liitosvälineiden kanssa; ja elektroniikkakomponentti ja piirilevy on kiinnitetty toisiinsa

sekä mekaniikkaosaan siten että elektroniikkakomponentti on yhteydessä mekaniikkaosaan.

Keksinnön eräänä kohteena esitetään vielä radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö, joka elektroniikkayksikkö käsittää mekaniikkaosan, mekaniikkaosaan kiinnitetyn piirilevyn ja piirilevyyn kytketyn elektroniikkakomponentin, ja joka elektroniikkayksikkö on valmistettu menetelmällä, jossa: asetetaan elektroniikkakomponentti mekaniikkaosassa olevaan, elektroniikkakomponenttia varten muodostettuun syvennykseen; asetetaan piirilevy elektroniikkakomponentin ja mekaniikkaosan päälle; kytketään elektroniikkakomponentti ja piirilevy yhteen käyttäen niiden kohdistamiseen toistensa suhteen sähkökytkentäelimiä, joita käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden välille; ja kiinnitetään elektroniikkakomponentti ja piirilevy toisiinsa sekä mekaniikkaosaan koneellisesti siten että elektroniikkakomponentti tulee mekaniikkaosan yhteyteen.

Keksinnön edullisia toteutusmuotoja on esitetty epäitsenäisissä patenttivaatimuksissa.

Keksintö perustuu siihen, että elektroniikkayksikkö, piirilevy ja mekaniikkaosa yhdistetään toisiinsa aiemmasta poikkeavassa järjestyksessä, eli elektroniikkakomponentti asetetaan mekaniikkaosan päälle, jonka päälle piirilevy puolestaan asetetaan, ja elektroniikkakomponentti ja piirilevy kytketään yhteen käyttäen niiden kohdistamiseen toistensa suhteen sähkökytkentäelimiä, joita käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden välille.

Menetelmä mahdollistaa toteuttaa sellainen radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö, jonka maadoitus tapahtuu mekaniikkaosan kautta. Menetelmä myös mahdollistaa toteuttaa sellainen radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö, joka voidaan jäähdyttää kytkemällä elektroniikkayksikön käsittämä, jäähdytystä vaativa elektroniikkakomponentti kiinni elektroniikkayksikön käsittämään mekaniikkaosaan. Menetelmällä toteutetussa elektroniikkayksikössä suurtaajuinen teho kulkee juotosten sijasta sähkökytkentäelinten kautta.

Keksinnöllä saavutetaan useita etuja. Keksintö mahdollistaa joko täysin tai osittain koneellisen valmistuksen, jolla voidaan nopeuttaa valmistusprosessia ja saavuttaa kustannussäästöjä.

Etuna on myös se, että valmistettavien elektroniikkayksikköjen laatu saadaan pidettyä tasaisena. Elektroniikkayksikön suurtaajuusominaisuuksiin vaikuttaa tyypillisesti muun muassa elektronisissa liitoksissa käytetyn juotteen

määrä sekä se miten komponentin kohdistus piirilevyllä onnistuu. Keksinnön avulla juotosvaihe jää kokonaan pois ja komponentti pystytään käytettyjen kiinnitysvälineiden avulla kohdistamaan tarkemmin piirilevyn suhteen ja liitokset ovat paremmin toistettavissa kuin juotoksia käyttäen. Näin voidaan valmistaa tasalaatuisempia elektroniikkayksiköitä.

Keksinnön etuna on myös se, että piirilevyn jonkin osan vikaantumisessa koko piirilevyä ei tarvitse romuttaa, vaan käyttökelpoiset osat on mahdollista käytetyn kiinnitysmenetelmän ansiosta irrottaa ehjinä, eikä elektroniikkakomponentin, esimerkiksi transistorin kotelo murru vaan säilyy hermeettisenä. Elektroniikkakomponenttien, esimerkiksi tehotransistorien osuus elektroniikkayksiköiden kustannuksista on usein huomattava, joten niiden uusiokäytöllä voidaan saavuttaa taloudellisia etuja ja samalla vähentää syntyvän jätteen määrää.

Käytetty irrotettavissa olevien kiinnitysvälineiden käyttöön perustuva kiinnitysmenettely helpottaa myös ongelmajätteiden, esimerkiksi myrkyllistä berylliumoksidia sisältävien komponenttien erittelemistä erilleen muusta syntyvästä jätemateriaalista, kun elektroniikkayksikkö aikanaan poistetaan käytöstä ja romutetaan.

Keksinnön eräänä lisäetuna on myös se, että kun elektroniikkakomponentti upotetaan aiempiin ratkaisuihin verrattuna syvemmälle mekaniikkaosaan, lämpö siirtyy paremmin mekaniikkaosaan. Elektroniikkakomponentin jäähtyminen on siten tehokkaampaa.

### Kuvioluettelo

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten toteutusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

25        kuvio 1 havainnollistaa esimerkkiä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön eräästä toteutusmuodosta,

      kuvio 2 havainnollistaa esimerkkiä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toteutusmuodon mukaisesta elektroniikkakomponentista ja mekaniikkaosasta,

30        kuvio 3 havainnollistaa esimerkkiä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toteutusmuodon mukaisesta piirilevystä ja elektroniikkakomponentista mekaniikkaosalle asetettuna,

      kuvio 4 havainnollistaa esimerkkiä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toteutusmuodon mukaisesta elektroniikkakomponentista,

kuvio 5 havainnollistaa radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toteutusmuodon mukaista elektroniikkakomponenttia pohjan puolelta katsottuna,

5 kuvio 6 havainnollistaa radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toteutusmuodon mukaista elektroniikkakomponenttia päältä päin katsottuna,

kuvio 7 havainnollistaa radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toteutusmuodon mukaista elektroniikkakomponenttia sivulta katsottuna,

kuvio 8 esittää poikkileikkausta radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toteutusmuodon mukaisesta elektroniikkakomponentista ;

10 kuvio 9 havainnollistaa esimerkkiä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön eräästä toisesta toteutusmuodosta,

kuvio 10 havainnollistaa esimerkkiä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toisen toteutusmuodon mukaisesta elektroniikkakomponentista ja mekaniikkaosasta,

15 kuvio 11 havainnollistaa esimerkkiä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toisen toteutusmuodon mukaisesta piirilevystä ja elektroniikkakomponentista mekaniikkaosalle asetettuna,

kuvio 12 havainnollistaa esimerkkiä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toisen toteutusmuodon mukaisesta elektroniikkakomponentista,

20 kuvio 13 havainnollistaa radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toisen toteutusmuodon mukaista elektroniikkakomponenttia pohjan puolelta katsottuna,

25 kuvio 14 havainnollistaa radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toisen toteutusmuodon mukaista elektroniikkakomponenttia päältä päin katsottuna,

kuvio 15 havainnollistaa radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toisen toteutusmuodon mukaista elektroniikkakomponenttia sivulta katsottuna,

30 kuvio 16 esittää poikkileikkausta radiojärjestelmän elektroniikkayksikön erään toisen toteutusmuodon mukaisesta elektroniikkakomponentista;

kuvio 17 on vuokaavio havainnollistaen menetelmää radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi.

### **Toteutusmuotojen kuvaus**

35 Viitaten kuvioihin 1, 2 ja 3 selostetaan esimerkkiä radiojärjestelmän koneellisesti valmistetusta elektroniikkayksiköstä. Radiojärjestelmä, jossa elektroniikkayksikköä voidaan käyttää voi olla esimerkiksi kolmannen sukupolven

WCDMA-tekniikkaa (Wideband Code Division Multiple Access) soveltava UMTS-järjestelmän (Universal Mobile Telecommunications System) mukainen radiojärjestelmä, GPRS-tekniikkaa (General Packet Radio System) soveltava niin sanottu 2,5 sukupolven GSM/GPRS-radiojärjestelmä (Global System for  
 5 Mobile Communications, GSM), tai toisen sukupolven GSM-tekniikkaa sovelta-  
 va radiojärjestelmä tai jokin edellisten sekamuoto. Radiojärjestelmän elektro-  
 niikkayksikkö voi olla esimerkiksi tukiaseman jokin yksikkö tai jokin muu radio-  
 järjestelmässä käytettävä elektroniikkayksikkö. Toteutusmuodot eivät kuiten-  
 kaan rajaudu vain näihin esimerkkeihin kuvattaviin järjestelmiin tai elektroniik-  
 10 kayksiköihin, vaan alan ammattilainen voi soveltaa keksinnön mukaista ratkai-  
 sua myös muissa radiojärjestelmissä ja niiden käsittämässä elektroniikkayksi-  
 köissä.

Kuviossa 1 on esitetty eräs toteutusmuoto radiojärjestelmän elektro-  
 niikkayksiköstä 110, joka käsittää mekaniikkaosan 102, mekaniikkaosaan 102  
 15 kiinnitetyn piirilevyn 104 ja piirilevyyn 104 kytketyn elektroniikkakomponentin  
 100.

Elektroniikkayksikkö 110 toteutetaan kuvioden 2 ja 3 mukaisesti si-  
 ten, että elektroniikkakomponentti 100 asetetaan mekaniikkaosassa 102 ole-  
 vaan syvennykseen 200, minkä jälkeen piirilevy 104 asetetaan elektroniikka-  
 20 komponentin 100 ja mekaniikkaosan 102 päälle. Esimerkkitapauksemme on  
 toteutettu siten, että piirilevyssä 104 on elektroniikkakomponenttia varten muo-  
 dostettu aukko 300, johon elektroniikkakomponentti 100 sijoittuu. Elektroniikka-  
 komponentti 100 ja piirilevy 104 kiinnitetään koneellisesti toisiinsa ja mekaniik-  
 kaosaan 102 siten, että elektroniikkakomponentti 100 on yhteydessä mekaniik-  
 25 kaosaan 102. Elektroniikkakomponentti 100 käsittää sähköiset liitosvälineet  
 204, jotka kytketään sähköiseen yhteyteen piirilevyn 104 käsittämien sähköis-  
 ten liitosvälineiden 114 kanssa. Sähköiseen yhteyteen kytkeminen tapahtuu  
 käyttäen sähkökytkentäelimiä 112, jotka esimerkkitapauksessamme ovat ruu-  
 veja eli siis käytetään ruuvikiinnitystä. Ruuvien sijasta voitaisiin käyttää myös  
 30 muita sähköisen yhteyden syntymisen mahdollistavia kiinnityselimiä, esimer-  
 kiksi puristusliittimiä, vetoniittejä tai ahtoniittejä.

Kaikki kiinnitykset on mahdollista toteuttaa koneellisesti. Piirilevyn  
 104 kiinnitys mekaniikkaosaan 102 toteutetaan tyypillisesti koneellisesti esi-  
 merkiksi robotilla ruuvaamalla ruuveja 108 ja ruuveja 106 käyttäen. Elektroniik-  
 35 kakomponentin 100 kiinnitys mekaniikkaosaan 102 toteutetaan tyypillisesti ko-  
 neellisesti esimerkiksi robotilla ruuvaamalla ruuveja 116 käyttäen. Kiinnitykset

voidaan kuitenkin toteuttaa myös muulla tavoin koneellisesti, esimerkiksi puristuskiinnikkeitä käyttäen. Elektroniikkakomponentin 100 asettaminen mekaniikkaosan 102 päälle samoin kuin piirilevyn 104 asettaminen voi tapahtua joko käsin asettelemalla tai koneellisesti, esimerkiksi elektroniikkavalmistuksessa

5 tyypillisesti käytettyä SMD-ladontaa (Surface Mounted Device; SMD) käyttäen. Myös komponenttien kohdistus- ja asettelutarkkuus piirilevylle voi vaihdella eri kerroilla, jolloin sähköisten liittimien sovituksen onnistuminen ja sitä myötä myös suurtaajuusominaisuudet vaihtelevat. Elektroniikkakomponentti 100 ja piirilevy 104 kytketään toisiinsa käyttäen sähkökytkentäelimiä 112, eli esimerk-

10 kitapauksessamme ruuvikiinnitystä, jota käyttäen elektroniikkakomponentti 100 kohdistetaan piirilevyn 104 suhteen, ja muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden 114 ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden 204 välille. Kiinnitys voidaan toteuttaa koneellisesti.

Selostetaan kuvioden 1, 2, 4 ja 5 avulla tarkemmin elektroniikkakomponenttia 100. Elektroniikkakomponentti 100 käsittää kiinnityslaipan (flange) 406, jonka päällä on elektroniikkakomponentin kotelo 400, ja kiinnityslaipassa 406 olevat kolot 408, joiden läpi elektroniikkakomponentti 100 kiinnitetään mekaniikkaosaan 102 ruuveja 116 käyttäen. Kiinnityslaipassa 406 voisi kuitenkin olla kolojen 408 tilalla yhtä hyvin reiät, joiden kautta ruuvit 116 kiinnitettäisiin mekaniikkaosaan 102. Elektroniikkakomponentin 100 käsittämät sähköiset liitosvälineet 204 ovat esimerkkitapauksessamme liitántäliuskoja 204, joita käyttäen elektroniikkakomponentti 100 kytketään piirilevyn 104 elektroniikkaan, eli piirilevyssä 104 oleviin sähköisiin liitosvälineisiin 114. Esimerkissämme elektroniikkakomponentin sähköiset liitosvälineet 204 sijaitsevat elektroniikkakomponentin 100 käsittämien korvakkeiden 410 yläpinnalla. Aiemmin kuviossa 1 on esitetty piirilevyn sähköiset liitosvälineet 114, jotka esimerkissämme ovat liitántäalueita 114, jotka tyypillisesti ovat esimerkiksi piirilevyn pinnassa olevia liitántäalueita, joista käytetään myös nimitystä pad. Elektroniikkakomponentin sähköisissä liitosvälineissä 204 eli liitántäliuskoissa 204 on sähkökytkentäreiät 402 sähkökytkentäelimille 112, jotka esimerkissämme ovat ruuveja, joita käyttäen elektroniikkakomponentti 100 ja piirilevy 104 kytketään yhteen. Esimerkissämme sähkökytkentäreiät 402 ovat siis ruuvireikiä. Sähkökytkentäelimiä 112 käyttäen elektroniikkakomponentti 100 kohdistetaan piirilevyn 104 suhteen, ja niitä käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden 114 ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden 204 välille.



Kuviossa 6 on esitetty päältä päin oleva kuva, kuviossa 7 sivukuva ja kuviossa 8 poikkileikkaus erään toteutusmuodon mukaisesta elektroniikkakomponentista 100. Esimerkkitapauksessamme elektroniikkakomponentti 100 käsittää korvakkeista 410 ulkonevat pohjaulokkeet 502, jotka asettuvat meka-

5 niikkaosan 102 syvennyksessä 200 oleviin koloihin 202, kun elektroniikkakomponentti 100 asetetaan mekaniikkaosan 102 päälle. Elektroniikkakomponentin 100 pohjaulokkeet 502 käsittävät mekaniikkaosaa 102 vasten asetettavan eristävistä materiaalista tehdyn eristeosan 800. Pohjauloke 502 käsittää mutteri-

10 osan 802, joka tyypillisesti sijoittuu eristeosan 800 keskelle, ja jonka keskellä sähkökytkentäelinten 112 eli esimerkkitapauksemme ruuvien sähkökytkentäreiät 402 sijaitsevat. Sähkökytkentäreiät 402, jotka siis esimerkissämme ovat ruuvireikiä, ovat tyypillisesti kierrereikiä, esimerkiksi kierrekokoa M3 olevia reikiä.

Kuvioissa 9, 10 ja 11 on kuvattu erään toisen toteutusmuodon mukainen radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö 910. Tämän esimerkin mukainen elektroniikkayksikkö 910 käsittää vastaavasti mekaniikkaosan 102, mekaniikkaosaan 102 kiinnitetyn piirilevyn 904 ja piirilevyyn 104 kytketyn elektroniikkakomponentin 900. Elektroniikkayksikkö 910 toteutetaan kuvioden 10 ja 11 mukaisesti vastaavalla tavalla kuin ensimmäisen toteutusmuodon mukainen elektroniikkayksikkö 110, eli elektroniikkakomponentti 900 asetetaan mekaniikkaosassa 102 olevaan syvennykseen 1000, minkä jälkeen piirilevy 904 asetetaan elektroniikkakomponentin 900 ja mekaniikkaosan 102 päälle. Esimerkkitapauk-

20 semme on toteutettu siten että elektroniikkakomponentti 900 sijoittuu piirilevyssä 904 olevaan elektroniikkakomponenttia 900 varten muodostettuun aukkoon 1100. Elektroniikkakomponentti 900 ja piirilevy 904 kiinnitetään koneellisesti toisiinsa ja mekaniikkaosaan 102 siten, että elektroniikkakomponentti 900 on yhteydessä mekaniikkaosaan 102. Elektroniikkakomponentti 900 käsittää sähköiset liitosvälineet 1004, jotka kytketään sähköiseen yhteyteen piirilevyn 904 käsittämien sähköisten liitosvälineiden 914 kanssa. Sähköiseen yhteyteen kyt-

25 keminen tapahtuu käyttäen sähkökytkentäelimiä 912, jotka esimerkkitapauksessamme ovat ruuveja.

Piirilevy 904 voi kuvion 11 mukaisesti käsittää piirilevyssä 904 olevan aukon 1100 reunoissa olevat halkaisut 1112, joilla saadaan aikaan lisätoleranssia piirilevyn paksuuden suhteen.

35 Selostetaan kuvioden 9, 10, 12 ja 13 avulla tarkemmin elektroniikkakomponentin 900 toista toteutusmuotoa. Elektroniikkakomponentti 900 käsit-

tää H-kirjaimen muotoisen kiinnityslaipan (flange) 1006, joka kiinnityslaippa 1006 käsittää ruuvireiät 1008, joiden läpi elektroniikkakomponentti 900 kiinnitetään mekaniikkaosaan 102 ruuveja 906 käyttäen. Kiinnityslaipassa 1006 voisi kuitenkin olla ruuvireikien 908 tilalla yhtä hyvin kolot, joiden kautta ruuvit 906 5 kiinnitettäisiin mekaniikkaosaan 102. Elektroniikkakomponentin 900 käsittämät sähköiset liitosvälineet 1004 ovat esimerkkitapauksessamme liitántäliuskoja 1004, joita käyttäen elektroniikkakomponentti 900 kytketään piirilevyn 904 elektroniikkaan, eli piirilevyssä 904 oleviin sähköisiin liitosvälineisiin 914. Toista toteutusmuotoa kuvaavassa esimerkissämme elektroniikkakomponentin sähköiset liitosvälineet 1004 sijaitsevat elektroniikkakomponentin 900 käsittämien 10 korvakkeiden 1010 yläpinnalla. Aiemmin kuviossa 9 on esitetty piirilevyn sähköiset liitosvälineet 914, jotka esimerkissämme ovat liitántäalueita 914, jotka tyypillisesti ovat esimerkiksi piirilevyn 904 pinnassa olevia ns. täpliä (pad). Elektroniikkakomponentin sähköisissä liitosvälineissä 1004 eli liitántäliuskoissa 15 1004 on sähkökytkentäreiät 1202 sähkökytkentäelimille 912, joita käyttäen elektroniikkakomponentti 900 ja piirilevy 904 kytketään yhteen. Sähkökytkentäelimä 912, jotka esimerkissämme ovat ruuveja, käyttäen elektroniikkakomponentti 900 kohdistetaan piirilevyn 904 suhteen, ja niitä käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden 914 ja elektroniikkakomponentin 20 sähköisten liitosvälineiden 1004 välille.

Kuviossa 14 on esitetty päältä päin oleva kuva, kuvioissa 15 sivukuva ja kuviossa 16 poikkileikkaus toisen toteutusmuodon mukaisesta elektroniikkakomponentista 900. Elektroniikkakomponentti 900 käsittää korvakkeista 1010 ulkonevat pohjaulokkeet 1302, jotka asettuvat mekaniikkaosan 102 syvennyksessä 200 oleviin koloihin 202, kun elektroniikkakomponentti 900 asetetaan mekaniikkaosan 102 päälle. Elektroniikkakomponentin 900 pohjaulokkeet 1302 käsittävät mekaniikkaosaa 102 vasten asetettavan eristävästä materiaalista, esimerkiksi teflonista tai muusta eristävästä materiaalista tehdyn eristeosan 1600. Pohjauloke 1302 käsittää mutteriosan 1602, joka tyypillisesti sijoittuu 25 eristeosan 1600 keskelle, ja jonka keskellä sähkökytkentäelinten 912, jotka esimerkissämme ovat ruuveja, sähkökytkentäreiät 1202 sijaitsevat. Sähkökytkentäreiät 1202, jotka tässä siis ovat ruuvireikiä, ovat tyypillisesti kierrereikiä, esimerkiksi kierrekokoa M3 olevia reikiä.

Samoin kuin esitetyssä ensimmäisessä toteutusmuodossa, myös 35 toisessa toteutusmuodossa kaikki kiinnitykset on mahdollista toteuttaa koneellisesti. Piirilevyn 904 kiinnitys mekaniikkaosaan 102 toteutetaan tyypillisesti ko-

neellisesti esimerkiksi ruuvaamalla robotilla ruuveja 906 ja ruuveja 908 käyttäen. Elektroniikkakomponentin 900 kiinnitys mekaniikkaosaan 102 toteutetaan tyypillisesti koneellisesti esimerkiksi robotilla ruuvaamalla ruuveja 906 käyttäen. Kiinnitykset voidaan kuitenkin toteuttaa myös muulla tavoin koneellisesti, esimerkiksi puristusliittimiä käyttäen. Elektroniikkakomponentin 900 asettaminen mekaniikkaosan 102 päälle samoin kuin piirilevyn 904 asettaminen voi tapahtua joko käsin asettelemalla tai koneellisesti, esimerkiksi elektroniikkavalmistuksessa tyypillisesti käytettyä SMD-ladontaa (Surface Mounted Device; SMD) käyttäen. Elektroniikkakomponentti 900 ja piirilevy 904 kytketään toisiinsa käyttäen sähkökytkentäelimiä 912, eli esimerkkitapauksessamme ruuvikiinnitystä, jota käyttäen elektroniikkakomponentti 900 kohdistetaan piirilevyn 904 suhteen, ja muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden 914 ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden 1004 välille. Kiinnitys voidaan toteuttaa koneellisesti.

Edellä kuvatun toisen toteutusmuodon eräänä etuna on se, että elektroniikkakomponentin 900 suuresta kiinnityslaipasta 1006 johtuen elektroniikkakomponentti 900 saadaan jäähtymään vielä tehokkaammin, koska kiinnityslaipan 1006 suuri pinta-ala edesauttaa lämmön johtumista mekaniikkaosaan 102.

Edellä kuvatuissa ensimmäisessä ja toisessa toteutusmuodossa elektroniikkakomponentti 100, 900 sijoittuu piirilevyssä 104, 904 olevaan, elektroniikkakomponenttia 100, 900 varten muodostettuun aukkoon 300, 1100. Elektroniikkakomponentti 100, 910 voitaisiin kuitenkin vaihtoehtoisesti, erään kolmannen toteutusmuodon mukaisesti toteuttaa myös siten, että elektroniikkakomponentti 100, 900 sijoittuu piirilevyn 104, 904 alapuolelle, ja piirilevy 104, 904 ei käsitä aukkoa 300, 1100. Tämä vaihtoehtoinen, kolmas toteutusmuoto soveltuu kummankin aiemmin esitetyn toteutusmuodon, kuvioiden 1-8 tai 9-16, tyyppisille elektroniikkakomponenteille 100, 900, joten sitä kuvaavia kuvioita ei ole erikseen laadittu, vaan sitä on tässä selostettu aiemmin kuvattuja toteutusmuotoja kuvaavien kuvioiden avulla. Kolmas toteutusmuoto voidaan toteuttaa siten, että elektroniikkakomponentin 100, 900 kiinnityslaippa 406, 1006 tehdään niin paksuksi, että elektroniikkakomponentin kotelo 400, 1200 sekä elektroniikkakomponentin korvakkeet 410, 1010 pohjaulokkeineen 502, 1302, voidaan upottaa kiinnityslaipan 406, 1006 sisään, kiinnityslaippaan 406, 1006 esimerkiksi jyrsimällä tehtyihin syvennyksiin. Eli elektroniikkakomponentin 100, 900 kiinnityslaipasta 406,

1006 voidaan tehdä niin paksu, että myös elektroniikkakomponentin 100, 900 käsittämät sähköiset liitosvälineet 204, 1004, jotka esimerkissämme ovat liitäntäliuskoja 204, 1004, saadaan upotettua kiinnityslaippaan 406, 1006 tehtäviin syvennyksiin. Tällöin ei mekaniikkaosaan 102 myöskään tarvita erillisiä koloja  
 5 202 pohjaulokkeita 502, 1302 varten vaan ainoastaan yksi syvennys koko pohjapinnaltaan sileää elektroniikkayksikköä 110, 910 varten, jolloin etuna on se, että mekaniikkaosaan tehtävä syvennys on helposti tehtävissä koneellisesti. Elektroniikkakomponentin 100, 900 jäähdytys tehostuu, kun elektroniikkakomponentti 100, 900 upotetaan syvemmälle mekaniikkaosaan 102, ja myös siksi  
 10 että elektroniikkayksikön 110, 910 mekaniikkaosaa 102 vasten oleva pohjapinta-ala on koko elektroniikkayksikön 110, 910 suuruinen.

Esimerkkitapauksissamme elektroniikkakomponentti 100, 900 on suurtaajuustehotransistori, eli suurtaajuisilla tehoilla käytettävä transistori. Elektroniikkakomponentti 100, 900 voisi kuitenkin olla myös jokin muu radio-  
 15 tekniikassa käytettävä suurien tehojen käsittelyyn käytettävä komponentti, esimerkiksi suurtaajuustehovastus, kiertoelin (circulator), kiertoelimen käsittävä kiertoelinlaite (circulator device), isolaattori (isolator) tai suurtaajuusvahvistin, kuten esimerkiksi hybridivahvistin. Menetelmä soveltuu erityisesti laitteille, joiden sovitussuhteiden ja asemointi piirilevyille on kriittinen niiden toiminnan kannalta.

20 Esimerkkitapauksiemme suurtaajuustehotransistori 100, 900 on eräs esimerkki jäähdytystä tarvitsevista komponenteista, joiden yhteydessä ratkaisua voidaan soveltaa. Muita tällaisia komponentteja ovat esimerkiksi kiertoelinlaitteet, jotka käsittävät kiertoelinkomponentin ohella jäähdytystä tarvitsevia tehopäätevastuksia tai tehovaimentimia. Suurtaajuustehotransistorin 100,  
 25 900 toiminnan kannalta kriittinen asia on jäähdytyksen ohella sen maadoitus. Kytkemällä suurtaajuustehotransistori 100, 900 kiinni mekaniikkaosaan 102, voidaan sekä maadoitus että jäähdytys toteuttaa tehokkaasti mekaniikkaosan 102 kautta. Käytettävä transistori voi olla esitetyn elektroniikkakomponentin 100, 900 kaltainen käsittäen valmiiksi tehtaalla asennettuna korvakkeet 410,  
 30 1010 pohjaulokkeineen 502, 1302, tai sitten nämä lisätään vakiotransistoriin.

Suuria tehoja käytettäessä elektroniikkakomponentti 100, 900 on jäähdytettävä tehokkaasti, mikä esimerkissämme toteutetaan kytkemällä elektroniikkakomponentti 100 kiinni jäähdytysvälineet (ei esitetty kuvioissa) käsittävään mekaniikkaosaan 102. Jäähdytysvälineinä käytetään tyypillisesti erilaisia  
 35 jäähdytysrakenteita (ei esitetty kuvioissa), jotka voivat olla esimerkiksi jäähdytimen mahdollisimman suureen jäähdytyspinta-alaan perustuvia erilaisia jääh-

dytysripoja. Jäähdytysrivat voivat olla muodoltaan esimerkiksi ripoja, piikkejä tai jousia. Jäähdytysvälineiden jäähdytystehoa voidaan parantaa esimerkiksi puhallinta tai paremmin lämpöä johtavia materiaaleja käyttämällä.

Esitetyn ratkaisun eräänä mahdollisena lisäetuna on myös se, että  
5 ruuviliitoksen lisäkapasitanssia voidaan hyödyntää elektroniikkakomponentin ja piirilevyn välisen impedanssieron kompensoinnissa. Tällöin etuna on myös se, että impedanssin sovituskyskyntä ei vaadi yhtä paljon tilaa piirilevyllä.

Ratkaisun eräänä mahdollisena lisäetuna on myös se, että elektro-  
niikkakomponentin tarvitsema tila voi pienentyä, koska tarvitaan pienempiä to-  
10 leransseja.

Selostetaan lopuksi esimerkinomaisesti kuvion 17 vuokaavioon vii-  
taten menetelmää radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi.

Menetelmä aloitetaan 1700:ssa.

1702:ssa asetetaan elektroniikkakomponentti mekaniikkaosassa  
15 olevaan, elektroniikkakomponenttia varten muodostettuun syvennykseen.

1704:ssa asetetaan piirilevy elektroniikkakomponentin ja mekaniik-  
kaosan päälle.

1706:ssa kytketään elektroniikkakomponentti ja piirilevy yhteen  
käyttäen niiden kohdistamiseen toistensa suhteen sähkökytkentäelimiä, joita  
20 käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden  
ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden välille.

1708:ssa kiinnitetään elektroniikkakomponentti ja piirilevy toisiinsa  
sekä mekaniikkaosaan koneellisesti siten että elektroniikkakomponentti tulee  
mekaniikkaosan yhteyteen.

25 Menetelmän suorittaminen päättyy 1710:ssa.

Menetelmä mahdollistaa kaikkien osien kiinnittämisen toisiinsa ko-  
neellisesti. Menetelmä myös mahdollistaa eri osien asettamisen paikoilleen jo-  
ko käsinasetteluna tai koneellista ladontaa käyttäen.

Menetelmän toteuttamiseen eri toteutusmuotoineen voidaan sovel-  
30 taa kuvioiden 1-17 yhteydessä selostetun tyyppisiä elektroniikkakomponentte-  
ja, piirilevyjä, mekaniikkaosia, sähköisiä liitosvälineitä ja sähkökytkentäelimiä,  
ruuveja tai muita kiinnittimiä, mutta myös muunlaiset toteutukset ovat mahdolli-  
sia.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten  
35 mukaisiin esimerkkeihin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan

sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

## Patenttivaatimukset

1. Menetelmä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi, joka elektroniikkayksikkö käsittää mekaniikkaosan, mekaniikkaosaan kiinnitetyn piirilevyn ja piirilevyn kytketyn elektroniikkakomponentin, tunnettu siitä, että menetelmässä:

asetetaan (1702) elektroniikkakomponentti mekaniikkaosassa olevaan, elektroniikkakomponenttia varten muodostettuun syvennykseen;

asetetaan (1704) piirilevy elektroniikkakomponentin ja mekaniikkaosan päälle;

kytketään (1706) elektroniikkakomponentti ja piirilevy yhteen käyttäen niiden kohdistamiseen toistensa suhteen sähkökytkentäelimä, joita käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden välille;

kiinnitetään (1708) elektroniikkakomponentti ja piirilevy toisiinsa sekä mekaniikkaosaan koneellisesti siten että elektroniikkakomponentti tulee mekaniikkaosan yhteyteen.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että sähkökytkentäelimet ovat ruuveja.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentti ja piirilevy kiinnitetään toisiinsa sekä mekaniikkaosaan koneellisesti ruuvaamalla.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentin jäähdytys tapahtuu mekaniikkaosan kautta.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentin maadoitus tapahtuu mekaniikkaosan kautta.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentti asetetaan koneellisesti mekaniikkaosassa olevaan syvennykseen.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentti asetetaan siten että sen pohja on mekaniikkaosaa vasten.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että piirilevy asetetaan koneellisesti elektroniikkakomponentin ja mekaniikkaosan päälle.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että piirilevyn sähköiset liitosvälineet ovat piirilevyn liitäntäalueita.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentin sähköiset liitosvälineet ovat elektroniikkakomponentin liitäntäliuskoja.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentti on suurtaajuustehotransistori.

12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että piirilevy asetetaan elektroniikkakomponentin ja mekaniikkaosan päälle siten, että elektroniikkakomponentti sijoittuu piirilevyn käsittämään elektroniikkakomponenttia varten muodostettuun aukkoon.

13. Radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö (110, 910), joka käsittää mekaniikkaosan (102), mekaniikkaosaan (102) kiinnitetyn piirilevyn (104, 904) ja piirilevyyn (104, 904) kytketyn elektroniikkakomponentin (100, 900), tunnettu siitä, että:

mekaniikkaosa (102) käsittää syvennyksen (200, 1000), johon elektroniikkakomponentti (100, 900) on asetettu;

elektroniikkakomponentin (100, 900) ja mekaniikkaosan (102) päälle on asetettu piirilevy (104, 904);

elektroniikkayksikkö (110, 910) käsittää sähkökytkentäelimet (112, 912), joita käyttäen elektroniikkakomponentti (100, 900) ja piirilevy (104, 904) on kohdistettu toistensa suhteen,

elektroniikkakomponentti (100, 900) käsittää sähköiset liitosvälineet (204, 1004), jotka on kytketty elektroniikkayksikön (110, 910) käsittämiä sähkökytkentäelmiä (112, 912) käyttäen sähköiseen yhteyteen piirilevyn (104, 904) käsittämien sähköisten liitosvälineiden (114, 914) kanssa;

elektroniikkakomponentti (100, 900) ja piirilevy (104, 904) on kiinnitetty toisiinsa sekä mekaniikkaosaan (102) siten että elektroniikkakomponentti on yhteydessä mekaniikkaosaan.

14. Radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö (110, 910), joka elektroniikkayksikkö käsittää mekaniikkaosan (102), mekaniikkaosaan kiinnitetyn piirilevyn (104, 904) ja piirilevyyn kytketyn elektroniikkakomponentin (100, 900), tunnettu siitä, että elektroniikkayksikkö on valmistettu menetelmällä, jossa:

asetetaan (1702) elektroniikkakomponentti mekaniikkaosassa olevaan, elektroniikkakomponenttia varten muodostettuun syvennykseen;

asetetaan (1704) piirilevy elektroniikkakomponentin ja mekaniikkaosan päälle;



kytketään (1706) elektroniikkakomponentti ja piirilevy yhteen käyttäen niiden kohdistamiseen toistensa suhteen sähkökytkentäelimiä, joita käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden välille;

5 kiinnitetään (1708) elektroniikkakomponentti ja piirilevy toisiinsa sekä mekaniikkaosaan koneellisesti siten että elektroniikkakomponentti tulee mekaniikkaosan yhteyteen.

15 15. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö (110, 910), tunnettu siitä, että sähkökytkentäelimet ovat ruuveja.

10 16. Patenttivaatimuksien 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö (110, 910), tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentti (100, 900) ja piirilevy (104, 904) on kiinnitetty toisiinsa sekä mekaniikkaosaan (102) koneellisesti ruuvaamalla.

15 17. Patenttivaatimuksien 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö (110, 910), tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentti (100, 900) on sovitettu jäähtymään mekaniikkaosan (102) kautta.

18. Patenttivaatimuksien 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö (110, 910), tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentti (100, 900) on sovitettu maadoittumaan mekaniikkaosan (102) kautta.

20 19. Patenttivaatimuksien 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö (110, 910), tunnettu siitä, että piirilevyn (104, 904) sähköiset liitosvälineet (114, 914) ovat piirilevyn liitäntäalueita.

25 20. Patenttivaatimuksien 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö (110, 910), tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentin (100, 900) sähköiset liitosvälineet (204, 1004) ovat elektroniikkakomponentin liitäntäliuskoja.

21. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö (110, 910), tunnettu siitä, että elektroniikkakomponentti (100, 900) on suurtaajuustehotransistori.

30 22. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö (110, 910), tunnettu siitä, että mekaniikkaosa (102) käsittää jäähdytysvälineet.

23. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen elektroniikkayksikkö, tunnettu siitä, että piirilevy (104, 904) käsittää elektroniikkakomponenttia (100, 900) varten muodostetun aukon (300, 1100).

**(57) Tiivistelmä**

Keksinnön kohteena on menetelmä radiojärjestelmän elektroniikkayksikön valmistamiseksi ja radiojärjestelmän elektroniikkayksikkö. Elektroniikkayksikkö käsittää mekaniikkaosan, mekaniikkaosaan kiinnitetyn piirilevyn ja piirilevyn kytketyn elektroniikkakomponentin. Menetelmässä asetetaan (1702) elektroniikkakomponentti mekaniikkaosassa olevaan, elektroniikkakomponenttia varten muodostettuun syvennykseen; asetetaan (1704) piirilevy elektroniikkakomponentin ja mekaniikkaosan päälle; kytketään (1706) elektroniikkakomponentti ja piirilevy yhteen käyttäen niiden kohdistamiseen toistensa suhteen sähkökytkentäelimiä, joita käyttäen muodostetaan sähköinen yhteys piirilevyn sähköisten liitosvälineiden ja elektroniikkakomponentin sähköisten liitosvälineiden välille ja kiinnitetään (1708) elektroniikkakomponentti ja piirilevy toisiinsa sekä mekaniikkaosaan koneellisesti siten että elektroniikkakomponentti tulee mekaniikkaosan yhteyteen.

(Kuvio 17)



1/5 L 5

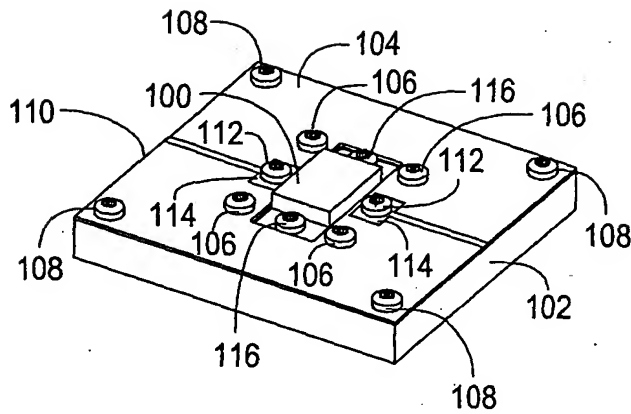


Fig. 1

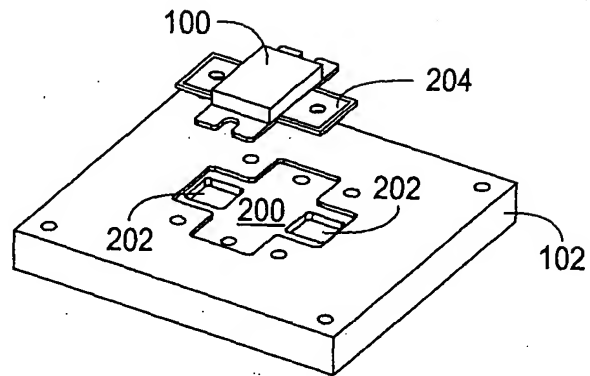


Fig. 2

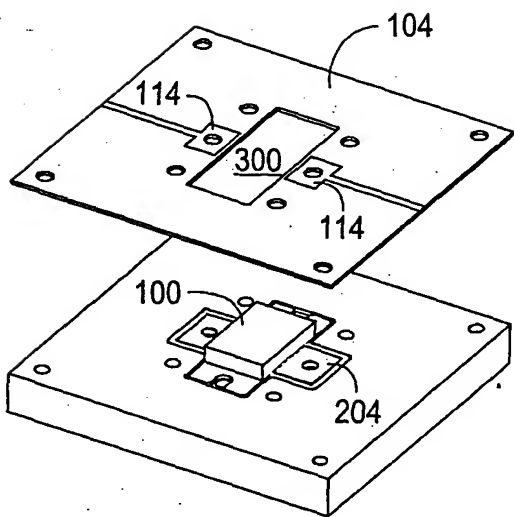


Fig. 3

2/5  
L5

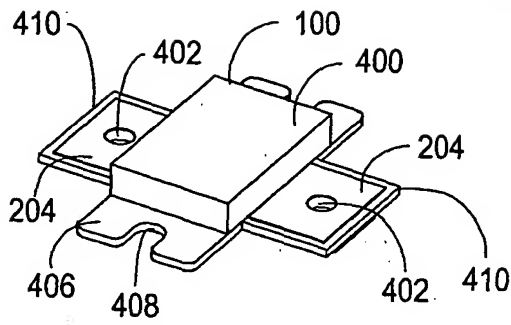


Fig. 4

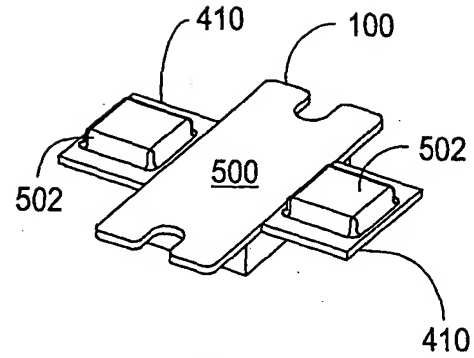


Fig. 5

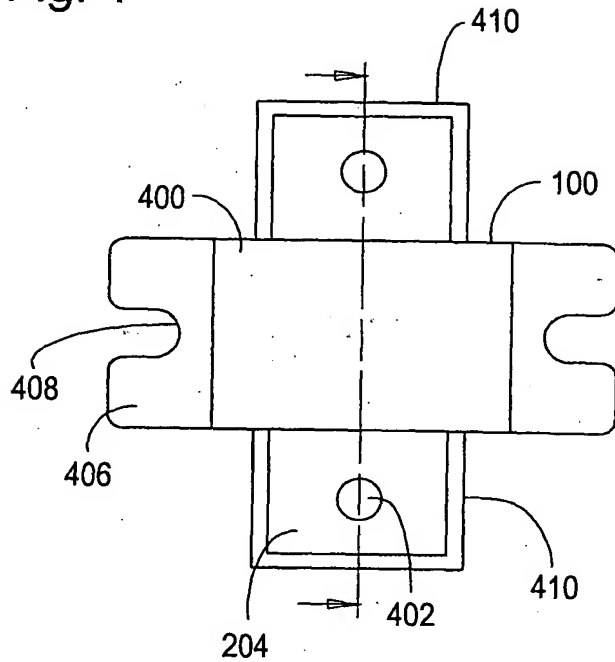


Fig. 6

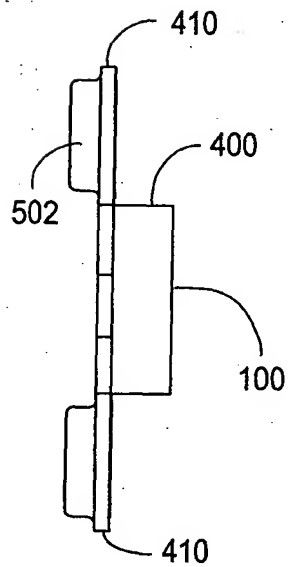


Fig. 7

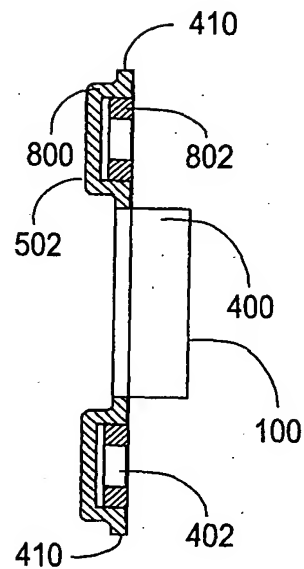


Fig. 8

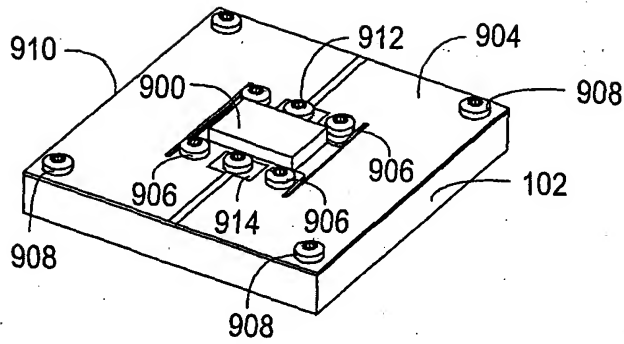


Fig. 9

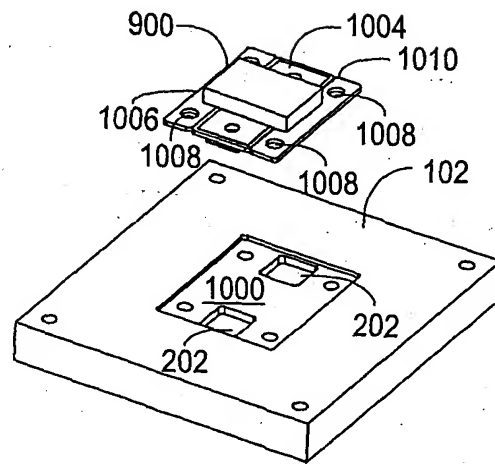


Fig. 10

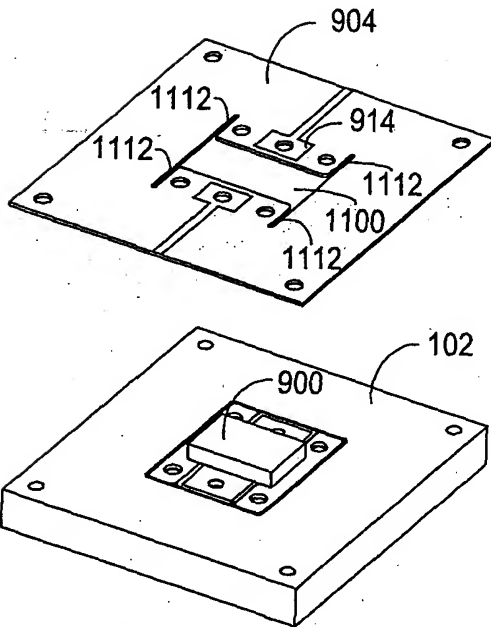


Fig. 11

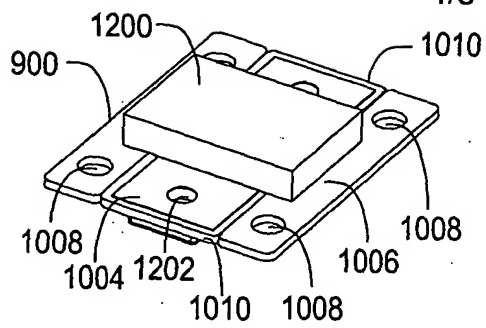


Fig. 12

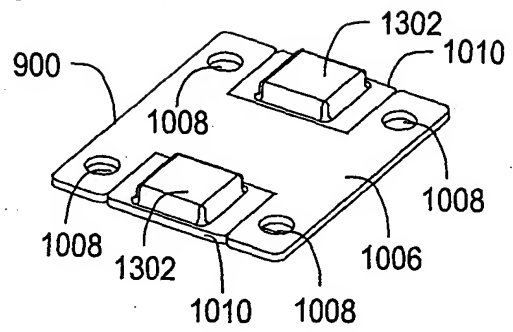


Fig. 13

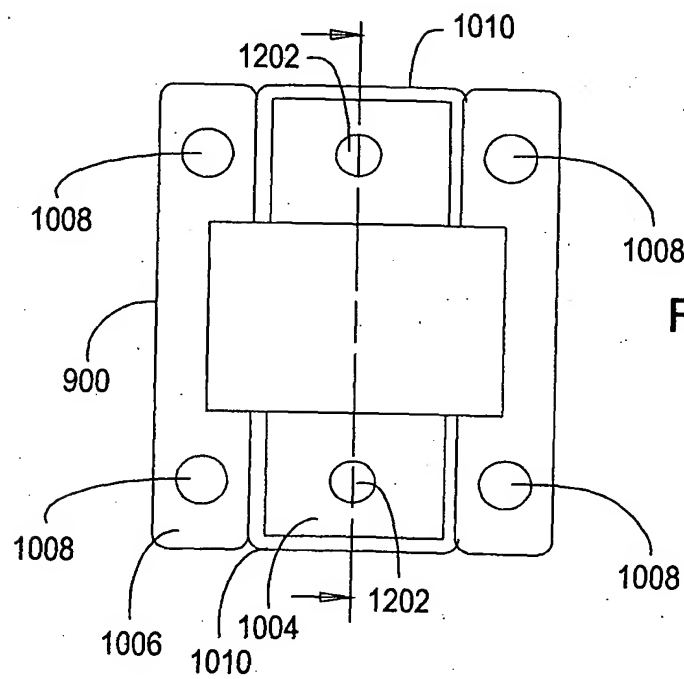


Fig. 14

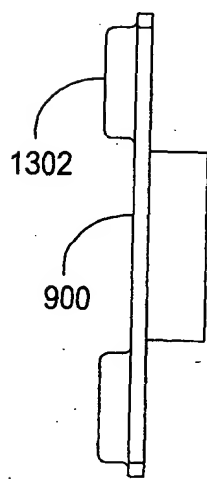


Fig. 15

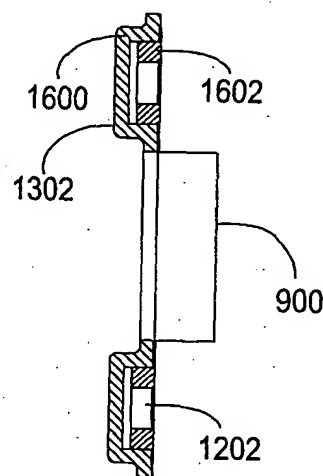


Fig. 16

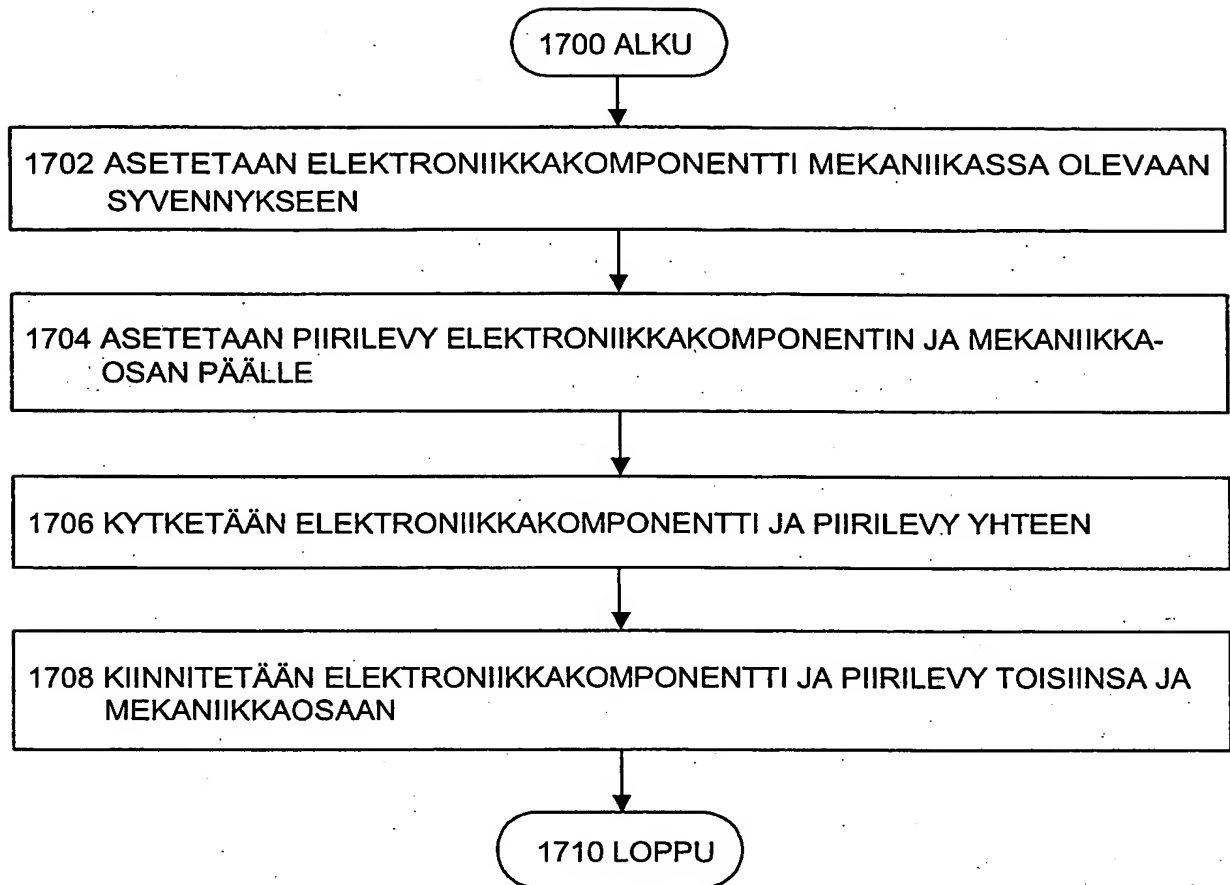


Fig. 17